

Die elektrische Vollbahn Burgdorf-Thun

Autor(en): **Thomann, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **35/36 (1900)**

Heft 2

PDF erstellt am: **19.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-21926>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

INHALT: Elektr. Vollbahn Burgdorf-Thun. II. — Belastungsprobe bis z. Bruch d. Erlenbachbrücke d. Schwarzwaldbahn. — Flussverbauung nach d. Pfahlbausystem. II. — Haus zur «Trülle» in Zürich. (Schluss). — Neue röm.-kathol. Dreifaltigkeitskirche in Bern. I. — Miscellanea: Elektr. Kraftübertrag. auf grosse Entfernung, in Kalifornien. Linoleum. Hohe Schornsteine. Monatsausweis über d. Arbeiten im Simplon-Tunnel. Verhandlg. der Schweiz. Bundesversammlung. Mischgasbeleuchtung (Acetylen u. Fettgas) f. Eisenbahnwagen.

Chicago-Entwässerungs-Kanal, Basler Strassenbahnen. Techn. Hochschule in Karlsruhe. — Konkurrenzen: Gruppe d. 3 Eidgen. auf d. Rütli etc. Gasanstalt in Rixdorf bei Berlin. — Preisausschreiben: Endbahnhof einer elektr. Fernbahn. — Litteratur: Eingeg. litterar. Neuigkeiten. — Nekrologie: † Joh. Baur. — Korrespondenz: An die Redaktion der Schweizer Bauzeitung in Zürich. — Vereinsnachrichten: Gesellschaft ehem. Polytechniker: Stellenvermittlung. Hiezu eine Tafel: Das Haus zur «Trülle» in Zürich. Perspektive.

NEUE RÖMISCH-KATHOLISCHE DREIFALTIGKEITS-KIRCHE

IN BERN.

ARCHITEKT: H. VON SEGESSER

IN LUZERN.

OST-FASSADE.



Arch. K. Mosdorf in Zürich gez.

Ätzung von Meisenbach, Riffarth & Cie. in München.

Die elektrische Vollbahn Burgdorf-Thun.

Von E. Thomann, Ingenieur.

II.

Wahl des Systems für den elektrischen Betrieb. Die Beschlussfassung über die Wahl des Betriebssystems gab Veranlassung zu eingehenden Studien, denn die Verhältnisse der B.-T.-B. sind von denjenigen aller bis jetzt mit elektrischem Betriebe ausgeführten Bahnen durchaus ver-

schieden und zwar in Bezug auf die Länge der Bahn, auf die Grösse der zu befördernden Gewichte und die Fahrgeschwindigkeit. Die Bahnlänge beträgt 40,28 km¹⁾. Als Maximalgewicht der normal kursierenden Züge waren 50 t vorgeschrieben, doch sollte die Anlage genügend stark dimensioniert sein, um ausnahmsweise Züge von 100 t, bestehend aus zwei zusammengekuppelten, einfachen Zügen zu führen. Als Fahrgeschwindigkeit endlich waren 36 km pro Stunde gewählt worden. Einigermassen als Vorbild und als Grundlage für weitere Studien konnte die damals in Ausführung begriffene elektrische Bahn von Stansstad nach Engelberg²⁾ dienen, obwohl diese Bahn gegenüber der B.-T.-B. in den drei erwähnten Punkten bedeutend reduzierte Verhältnisse aufweist. Die Bahnlänge beträgt nämlich dort nur 22,5 km, das maximale Zugsgewicht 30 t und die Fahrgeschwindigkeit 20 km/Std.

Von bestimmendem Einfluss auf die Wahl des Systems war der Umstand, dass die Frage der Beschaffung der zum Betriebe der Bahn notwendigen elektrischen Energie eigentlich von vornherein gelöst war, indem die A.-G. „Motor“ in Baden, welche etwa 10 km vom Endpunkt Thun entfernt eine grosse elektrische Kraftstation zu bauen im Begriffe war, sich bereit finden liess, einen Kraftlieferungsvertrag abzuschliessen. Die Adoptierung des Dreiphasen-Wechselstrom-Systems für diese Kraftstation bildete einen entscheidenden Grund, auch für die Uebertragung der zum Bahnbetrieb notwendigen Energie Dreiphasenstrom zu verwenden, umsomehr als dieses System für die Uebertragung motorischer Kraft erhebliche Vorteile besitzt. In Anbetracht der grossen Entfernung von maximal etwa 50 km war eine entsprechend hohe Spannung vorzusehen.

Eine genauere Untersuchung war notwendig, um zu entscheiden, ob auch für die Kontaktleitung und die Fahrzeuge das Dreiphasensystem vorzusehen sei, oder ob eine Umwandlung in Gleichstrom erfolgen solle. Die von der Firma Brown, Boveri & Cie. bereits mehrfach angestellten praktischen Ver-

¹⁾ Berichtigung: Von den Angaben in voriger Nummer sind folgende zu berichtigen: Länge der direkten Bahn Burgdorf-Thun 40,28 km (anstatt 40 km); Länge der Strecke Burgdorf-Bern-Thun 52,94 km (anstatt 54 km); Minderlänge der neuen Strecke 12,66 km oder 24% (anstatt 14 km oder 26%). — Die B.-T.-B. und Emmenthal-Bahn haben keine gemeinsame Direktion. — Seite 3, zweite Spalte 7. Zeile von oben: Zwei Tunnel in Kurven von 300 m Radius (anstatt in gerader Linie); Seite 3, zweite Spalte, zweites Alinea, 2. Zeile: Oberdiessbach (statt Diessbach); 6. Zeile: Streichung der Worte «zum Teil».

²⁾ S. Schweiz. Bauztg. Bd. XXXIII, Nr. 15 und 16.

suche, Dreiphasenmotoren zu Traktionszwecken zu verwenden, hatten nun ergeben, dass die Motoren als solche sich hierfür mindestens ebensogut eignen, wie Gleichstrommotoren. Es musste daher demjenigen System der Vorzug gegeben werden, welches in Bezug auf Umformung des hoch gespannten Dreiphasenstromes in Gebrauchsstrom die grösseren Vorteile bietet. Da dies zweifellos beim Dreiphasensystem der Fall ist, weil bei diesem die Umformung in feststehenden, keine Bedienung erforderlichen Apparaten geschehen kann, während die Umwandlung in Gleichstrom durch rotierende Umformer erfolgen muss, so erschien es geboten, auch die eigentlichen Bahnleitungen mit Dreiphasenstrom zu speisen. Zu Ungunsten der Umformung in Gleichstrom spricht ausser den höheren Betriebskosten noch eine erhebliche Preisdifferenz in den Erstellungskosten.

Es wird gegen die Anwendung des direkten Dreiphasenstromes vielfach das Bedenken erhoben, dass die Kontaktleitung, nicht wie beim Gleichstromsystem eindrängig angelegt werden könne, sondern aus zwei oberirdischen Drähten bestehen müsse, und daher kompliziert und unschön werde. Die Erfahrung zeigt aber, dass dieser Einwand nicht stichhaltig ist. Auch bei Gleichstrombahnen zieht man es in neuerer Zeit häufig vor, eine eventuell notwendige Verstärkung des Querschnittes dadurch herbeizuführen, dass zwei Kontaktleitungen nebeneinander aufgehängt werden, anstatt eine separate Speiseleitung entweder als Luftlinie oder als Kabelleitung zu bauen. Die Belastung des Tragwerkes wird bei zwei Drähten allerdings grösser, als nur bei einem, doch ist zu berücksichtigen, dass bei Dreiphasenstrom die Querschnitte überhaupt kleiner werden, wodurch sich dieser Nachteil wieder ausgleicht. Aesthetische Rücksichten konnten bei dem vorliegenden Projekt gegenüber der erzielten Vereinfachung des Betriebes überhaupt nicht in Frage kommen. Uebrigens macht sich kaum ein wesentlicher Unterschied bemerkbar, ob einer oder zwei Längsdrähte aufgehängt werden, denn nicht diese, sondern das ganze Tragwerk mit seinen Querdrahten, Abspannungen etc. geben den Luftleitungen das unschöne Aussehen.

Wie bekannt, steht die Umdrehungszahl der Wechselstrom-Motoren in direktem Zusammenhang mit der Polwechselzahl, beziehungsweise der Umdrehungszahl der Generatoren. Da diese letztere im allgemeinen konstant gehalten werden muss, so resultiert daraus, dass sich auch die Fahrzeuge immer mit gleicher Geschwindigkeit bewegen, unabhängig davon, ob sich dieselben in der Steigung oder im Gefälle befinden. Die Motoren müssen somit derart dimensioniert sein, dass sie in der grössten Steigung und bei normaler, d. i. zugleich maximaler Geschwindigkeit, das vorgeschriebene Gewicht zu befördern vermögen.

Auch dieser Umstand wird vielfach als ein Nachteil des Dreiphasensystems gegenüber dem Gleichstrom angesehen, denn bei letzterem ist es, namentlich bei Verwendung mehrerer Motoren möglich, dieselben so zu schalten, dass sie in der Steigung ein vermehrtes Drehmoment bei reduzierter Umdrehungszahl erzeugen, d. h. derselbe Motor, welcher in der Ebene schon mit voller Belastung läuft (mit grosser Geschwindigkeit und kleinem Drehmoment), genügt auch noch in der Steigung. Jedoch lässt sich diese Anpassung des Motors an die Gefällsverhältnisse nur innert gewisser, ziemlich enger Grenzen erreichen und ausserdem ist die dadurch erzielte Verringerung des Motor-Gewichtes gegenüber demjenigen eines mit konstanter Umdrehungszahl laufenden Dreiphasen-Motors nur unbedeutend. Andererseits bildet die Gleichmässigkeit der Umdrehungszahl eine erhebliche Erleichterung für den Wagenführer. Nachdem die Periode des Anlaufens überwunden ist und der Wagen die normale Geschwindigkeit erreicht hat, braucht sich der Motorführer mit dem Anlass- und Regulierapparat absolut nicht mehr zu befassen; in der Ebene, in der Steigung und im Gefälle fährt der Wagen immer gleich schnell und der Motorführer ist sicher, die vorgeschriebene Maximalgeschwindigkeit nie zu überschreiten.

Die früher vielfach geäusserten Bedenken gegen das

Anfahren von Dreiphasen-Motorwagen waren durch die Versuche an der Gornegratbahn¹⁾ aufs neue als gänzlich unbegründet widerlegt worden und die seither bei der Engelbergbahn und der B.-T.-B. angestellten bezüglich der Versuche ergaben, dass der Dreiphasen-Motor in dieser Beziehung dem Gleichstrom-Motor mindestens gleichzustellen ist.

Allerdings ist es ein Erfordernis, dass die Spannung am Motor nicht unter einen gewissen Betrag sinke, und es darf daher der Spannungsabfall in der Leitung nicht zu gross werden. In dieser Hinsicht ist der Gleichstrom-Motor elastischer, weil er auch bei ganz geringen Spannungen noch mit vollem Drehmoment anläuft. Da aber im normalen Betrieb keine Veranlassung vorliegt, den zum voraus festgesetzten und bei der Berechnung des Motors berücksichtigten Spannungsabfall zu überschreiten, so kann diese grössere Empfindlichkeit des Dreiphasen-Motors nicht als erheblicher Nachteil betrachtet werden.

In mechanischer Beziehung verdient der Wechselstrom-Motor infolge des Fortfallens des Kollektors entschieden den Vorzug vor dem Gleichstrom-Motor, ausserdem werden die Anlaufapparate bedeutend einfacher.

Da also weder in Bezug auf die elektrische Ausrüstung des Rollmaterials, noch in Bezug auf die Anordnung der Kontaktleitung im vorliegenden Fall irgendwelche Momente zu Gunsten des Gleichstromes geltend gemacht werden konnten, musste die oben erwähnte einfachere Transformation als ausschlaggebend betrachtet werden, um den Betrieb mit direktem Dreiphasenstrom endgültig in Vorschlag zu bringen.

Mit Bezug auf die Kontaktleitung ist noch nachzutragen, dass Studien angestellt wurden, um die Leitungsdrähte zwischen den Schienen und in Verbindung mit dem Oberbau anzuordnen. Die betreffenden Berechnungen führten aber bald zu dem Resultate, dass jeder bezüglich Versuch aussichtslos sei und zwar nicht infolge technischer Schwierigkeiten, sondern weil die Anlagekosten in gänzlich unzulässiger Weise erhöht worden wären. Es wurde also die bei den übrigen von der Firma *Brown, Boveri & Cie.* ausgeführten Dreiphasenbahnen angewendete Anordnung beibehalten, nämlich Aufhängung von zwei oberirdischen Kontaktstrahlen an Querdrahten und Rückleitung durch die Schienen.

Als Spannung in der Kontaktleitung waren ursprünglich 500 V. vorgesehen. Im Laufe der Vorbereitungsarbeiten machte sich das Bedürfnis geltend, sowohl die ursprünglich vorgesehenen Zugsgewichte etwas zu erhöhen, als auch die Geschwindigkeit der Fahrzeuge zu steigern. Um diese vermehrte Leistungsfähigkeit zu erzielen, ohne die Kupferquerschnitte zu vergrössern und ohne den Kostenvoranschlag zu überschreiten, wurde die Spannung von 750 V. adoptiert, nachdem die Verwendung so hoch gespannter Ströme bei der Engelbergbahn von den Behörden bis auf weiteres gestatten worden war. Bei Anlass der bezüglich Umrechnungen zeigte sich, durch den konkreten Fall trefflich beleuchtet, wie wünschbar, ja geradezu notwendig es ist, die jetzt gebräuchlichen Spannungen beträchtlich zu erhöhen, um den elektrischen Betrieb von Vollbahnen längerer Ausdehnung wirtschaftlich zu gestalten. Es ist daher sehr zu begrüssen, dass die schweizerischen Behörden bei Anlass der Aufstellung von Vorschriften für elektrische Anlagen den Bedürfnissen der Technik in weitgehendem Maasse Rechnung getragen haben, indem sie nicht nur die auf Zusehen hin gestattete Spannung von 750 V. definitiv als zulässig erklärten, sondern ausdrücklich bestimmten, dass in besonderen Fällen auch noch höhere Spannungen gestattet werden sollen.

Als Spannung in der primären Speiseleitung wurden mit Rücksicht auf die erhebliche Länge derselben und in Uebereinstimmung mit der vorgesehenen Kraftübertragung vom Kanderwerk nach Bern (1000 P. S. auf 40 km) 16 000 V. verketet, gewählt.

¹⁾ S. Schweiz. Bauztg. Bd. XXX, Nr. 23; Bd. XXXI Nr. 21.

In Zusammenfassung des oben Gesagten ergibt sich folgendes Betriebssystem für die B.-T.B.:

Von der Kraftstation aus wird Dreiphasenstrom von 16 000 V. Spannung mittels einer separaten, aus drei Drähten bestehenden Leitung der Bahn entlang geleitet. In einer Anzahl stationärer Transformatoren, welche längs der Bahn verteilt sind (siehe Fig. 3. Nr. 1), wird dieser Strom in Dreiphasenstrom von 750 V. Spannung transformiert und der Kontaktleitung zugeführt, welche aus zwei oberirdischen Drähten besteht, während die Schienen als dritter Leiter verwendet werden. Von der Kontaktleitung und den Schienen aus erhalten die Motoren den Strom durch Vermittlung besonderer Stromabnehmer und der Räder. (Forts. folgt.)

Belastungsprobe bis zum Bruch der Erlenbachbrücke der Schwarzwaldbahn.

Die ausrangierte Erlenbachbrücke bei Biberach-Zell wurde im Herbst 1897 einer Belastung bis Eintreten des Bruches unterworfen.¹⁾ Der offizielle Bericht, verfasst vom grossh. Regierungsbaumeister Otto Hauger, ist Ende 1898 bekannt geworden und die wesentlichen Resultate dieses Experimentes sind geeignet, die technischen Kreise zu interessieren.

Das Versuchsobjekt (Fig. 1–3) war von 1866 bis 1896 also 30 Jahre im Betrieb, seine Hauptmasse waren folgende:

Gesamt Trägerlänge	19,95 m
Länge zwischen den Auflagerplatten	18,80 "
Trägerhöhe (inklusive Lamellen)	1,500 "
Abstand der Hauptträger	3,000 "
Abstand der Querträger	1,803 "

Das Geleis ruhte auf durchlaufenden Längsträgern mittelst Querschwellen; die Querträger waren vollwandig,

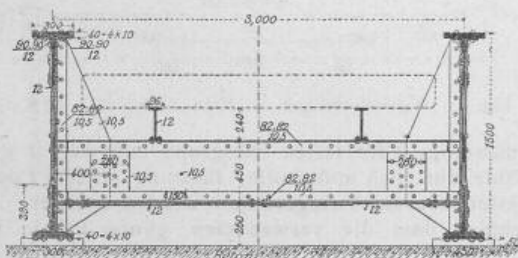


Fig. 3. Querschnitt. 1:50.

von 0,45 m Höhe, an den Hauptträgern mittelst Pfosten auf ganzer Trägerhöhe angeschlossen. Ein Windverband aus Flacheisen (105.12) bildete in der Ebene der Querträgeruntergurten ein Kreuz in je zwei Feldern.

Die Hauptträger mit parallelen Gurtungen waren als vierfache Gitterträger ausgebildet. Der konstante Querschnitt der Gurtungen bestand aus zwei miteinander vernieteten Stehblechen 350.6 mm, zwei Winkeleisen 90.90.12 und vier Lamellen 300.10 mm. Die Stösse der einzelnen Teile waren gegeneinander versetzt, im übrigen aber nicht gedeckt. Die Gitterstäbe von konstantem Querschnitt: Flacheisen 105.12, hatten die Eigentümlichkeit am Stehblechrand

¹⁾ S. Schweiz. Bauztg. Bd. XXX S. 139.

um 6 mm gegen die vertikale Trägerachse abgekröpft zu sein, so dass sich kreuzende Gitterstäbe direkt berührten. Die Achsen der Gitterstäbe schnitten sich 10 cm ausserhalb der Schwerpunktachse der Gurtungen. Der Anschluss jeder

Strebe war durch vier 15 mm starke Nieten gebildet.

Wegen der schiefen Lage der Brücke wurden die Endpfosten in 0,665 bzw. 1,265 m Abstand vom Endquerträger beendet.

Die Ausführung der Brücke war ziemlich gut; die Hauptträger hatten in unbelastetem

Zustande Durchbiegungen von links 12, rechts 11 mm.

Für die von der Generaldirektion der badischen Staatsbahnen angeordnete Belastung bis zum Bruch, wurde die ausrangierte Eisenkonstruktion auf Betonwiderlager in 35 m Entfernung von ihrer ursprünglichen Lage gebracht und in gleicher Weise aufgelagert. Die Belastung der Hauptträger wurde durch Vermittlung der Querträger bewirkt in der Weise, dass die Last in getrennten Schwellen und Schienensätzen je auf zwei benachbarten Querträgern ruhte. Die Schwellen reichten bis über die oberen Gurtungen; die weitere Belastung bestand aus quergelegten 7,50 m langen Schienen (Fig. 1 u. 2). Beiderseits der Brücke war in

1 m Abstand ein Gerüst zur Aufnahme der Belastung beim Bruch und zum Schutz des Personals bei der Aufbringung der Last angeordnet.

Eine sorgfältige Aufnahme der vorhandenen Mängel an der Eisenkonstruktion ging der Be-

lastung voran. Am 19. Oktober wurde mit dem Aufbringen der Lasten begonnen; am 20. Oktober wurde fortgefahren, am 21. Oktober wurde die Belastung bis zum Bruch der Brücke fortgesetzt. Nachfolgende Tabelle giebt die Belastungen und Durchbiegungen an.

Belastungsfall	Zeit	Belastung auf Querträger					Einsenkungen in Trägermitte			
							beobachtet		berechnet	
		I–II	III–IV	V–VI	VII–VIII	IX–X	links	rechts	links	rechts
1	19. Okt. 5 Uhr abends	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	15	15	15,2	15,2
2	20. „ 5 h 30 abends	21,2	21,2	27,7	27,7	27,7	19	19	18,4	18,5
3	20. „ 6 h abends	21,2	21,2	29,9	27,7	29,9	21	21	19,0	19,2
4	21. „ 9 h 30 morgens	21,2	21,2	40	40	40	27,4	27,2	25,1	24,9
5	21. „ 11 h 40 morgens	21,2	21,2	45,7	45,7	45,7	33	32	28,4	27,9
6	21. „ 1 h nachm.	21,2	21,2	45,7	45,7	61,2	47	40	30,3	29,6
7	21. „ 1 h 35 nachm.	Bruch.								

Die in der Tabelle angegebenen berechneten Durchbiegungen entsprechen einer Stützweite von 18,80 m (innere Entfernung der Auflagerplatten) und einem Elastizitätsmodul $E = 2000 \text{ t/cm}^2$.

Kleine Verbiegungen der Streben senkrecht zur Trägerebene gegen das meistbelastete Ende wurden bereits nach dem dritten Belastungsfall beobachtet; dieselben wuchsen mit der Belastung; auch wurde eine Ausbauchung des Stehbleches der beiden Gurtungen zwischen Pfosten X und XI wahrgenommen, zuerst am linken Träger.

Der Bruch trat während einer Pause ein, in Folge der Abscheerung der Nieten der am meisten beanspruchten Zugstreben (anstossend an den ausgeknickten Druckstreben). Diese Druckstreben wirkten wie gespannte Federn und schleuderten die abgescheerten Nieten mit Hilfe der Zugstreben seitlich mehrere Meter weit.